桑叶粉和发酵桑叶粉对胡须鸡生长性能、血清生化指标及抗氧化指标的影响

黄　静[1]　邝哲师[1]　廖森泰[2*]　赵祥杰[1]　潘木水[1]

(1.广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所，广州 510610；2.广东省农业科学院，广州 510640)

摘　要：本试验旨在研究饲粮中使用桑叶粉（MLM）和发酵桑叶粉（FMLM）对胡须鸡生长性能、血清生化指标及抗氧化指标的影响。试验选用 95 日龄岭南黄III号胡须鸡 392 只，按照体重和性别随机分为 7 个组，每组 4 个重复，每个重复 14 只鸡（公母各占 1/2）。对照组饲喂基础饲粮，6 个试验组饲喂分别在基础饲粮中使用 5%、10%、20% MLM 和 5%、10%、20% FMLM 的饲粮。预试期 4 d，正试期 28 d。结果表明：1）胡须鸡的生长性能随饲粮中 MLM 使用水平的增加而逐渐降低；与对照组相比，饲粮中使用不同水平的 MLM 和 FMLM 均显著或极显著地降低了平均日增重（P<0.05 或 P<0.01）；20% MLM 组的平均日采食量较对照组显著下降（P<0.05）；各 MLM 水平组和 20% FMLM 组的料重比显著或极显著高于对照组（P<0.05 或 P<0.01）。2）各试验组胡须鸡血清碱性磷酸酶（ALP）活性较对照组显著降低（P<0.05），其中，10% MLM 组血清 ALP 活性最低；各试验组血清总蛋白（TP）和球蛋白（GLO）含量均高于对照组，其中，10% MLM 组和 20% FMLM 组极显著提高了血清 TP 和 GLO 含量（P<0.01）；各试验组血清白球比（A/G）显著低于对照组（P<0.05）；与对照组相比，20% MLM 组血清总胆固醇（TC）、甘油三酯（TG）含量显著降低（P<0.05）。3）10% MLM 组胡须鸡血清、肝脏总抗氧化能力（T-AOC）显著高于对照组（P<0.05），血清、肝脏过氧化氢酶（CAT）活性较对照组显著降低（P<0.05）。20% FMLM 组血清谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性极显著高于对照组（P<0.01）。总之，饲粮中使用 MLM 降低了胡须鸡的生长性能，FMLM 对生长性能的影响较 MLM 有所改善；MLM 和 FMLM 均有降低血脂含量、增强免疫力、提高抗氧化能力等作用，但 2 者的最适使用水平仍需进一步研究。

关键词：胡须鸡；桑叶粉；发酵桑叶粉；生长性能；血清生化指标；抗氧化指标

中图分类号：S831；S816.4　　　　　文献标识码：　　　　　文章编号：

桑叶是桑树的叶子，作为传统的药食两用植物，其营养价值丰富，并含有桑叶多酚、黄酮、

收稿日期：2015-12-01

基金项目：国家公益性行业（农业）科研专项（201403064，201403049）；广东省科技型中小企业技术创新专项资金项目（2014A010101008）

作者简介：黄　静（1989-），女，重庆万州人，研究实习员，硕士，主要从事动物营养与饲料研究。E-mail: hjing89@126.com

*通信作者：廖森泰，研究员，硕士生导师，E-mail: liaost@163.com

多糖等多种生物活性物质，具有抗菌消炎、镇静宁神、增强机体免疫力等作用。我国现有桑园面积 80 多万 hm^2，但约有 1/2 的桑园所产的桑叶没有用于养蚕，且据不完全统计，全国日益发展的生态桑已超过 53 万 hm^2[1]，但并未找到合理高效的利用方式，如能将这些桑叶资源用作畜禽饲料原料，一是可以避免对环境造成危害，二是可缓解我国饲料原料尤其是蛋白质饲料原料严重短缺的现状，再则可延伸蚕桑产业链，促进蚕桑产业经济回升。

目前有关桑叶在猪、鸡、牛、羊等畜禽饲粮中的应用研究主要是以桑叶粉(mulberry leaf meal,MLM)的形式直接饲喂，在动物上的饲喂效果表现出提高畜禽产品品质、增加肉质风味、促进动物健康等优势[2-5]。但在实际生产中很少真正将桑叶作为饲料原料广泛应用到动物饲粮中，这是因为桑叶中含有单宁、植物凝集素等抗营养因子，大量添加会导致畜禽生长性能降低[6-8]。因此，桑叶的有效加工处理方式成为桑叶在动物饲粮中大量利用的瓶颈。固态发酵技术是饲料工业加工处理饲料原料的最有效手段之一。鉴此，本试验将经过固态发酵处理的发酵桑叶粉(fermented mulberry leaf meal,FMLM)与 MLM 比较研究对胡须鸡生长性能、血清生化指标、血清及肝脏抗氧化指标的影响，为桑叶及其加工产品在畜牧业中的开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

MLM 为 2014 年 5 月采摘于广州花都宝桑园大 10 品种的鲜叶，经 80 ℃恒温烘干粉碎后制得，其主要营养成分的实测值为：粗蛋白质 18.00%，粗脂肪 3.10%，粗纤维 10.60%，粗灰分 13.60%，钙 2.68%，总磷 0.29%，赖氨酸 0.79%，蛋氨酸 0.10%。FMLM 是将 80% MLM、15%麸皮、5%豆粕混合，以酱油曲霉、酿酒酵母、植物乳杆菌及桑叶厌氧内生菌联合发酵 48 h，60 ℃烘干粉碎后制得，其主要营养成分的实测值为：粗蛋白质 24.47%，粗脂肪 3.40%，粗纤维 7.80%，粗灰分 10.80%，钙 2.58%，总磷 0.49%，赖氨酸 0.97%，蛋氨酸 0.17%。

1.2 试验设计与饲养管理

选取健康的 95 日龄岭南黄III号胡须鸡 392 只，按照体重和性别随机分为 7 个组，每组 4 个重复，每个重复 14 只鸡（公母各占 1/2）。对照组饲喂玉米-豆粕型基础饲粮，6 个试验组分别饲喂在基础饲粮中使用 5%、10%、20% MLM 和 5%、10%、20% FMLM 的饲粮。试验饲粮参照广东省农业科学院畜牧研究所推荐的《岭南黄III号胡须鸡大鸡饲料营养水平》和《中国农业行业标准（NY/T 33-2004）黄羽肉鸡仔鸡营养需要》进行配制，试验饲粮均为粉料，饲粮组成及营养水平

见表 1。预试期 4 d，正试期 28 d，试验鸡采用地面平养，常规管理，自由采食和饮水。

表 1　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)　　　　%

项目 Items	对照组 Control group	MLM 水平 MLM level/%			FMLM 水平 FMLM level/%		
		5	10	20	5	10	20
原料 Ingredients							
玉米 Corn	72.07	67.91	63.63	55.36	68.59	65.56	59.50
豆粕 Soybean meal	19.03	16.29	13.58	8.10	16.11	12.43	5.07
玉米蛋白粉 Corn protein meal	2.00	3.00	4.00	6.00	2.50	3.50	5.50
桑叶粉/发酵桑叶粉 MLM/FMLM		5.00	10.00	20.00	5.00	10.00	20.00
豆油 Soybean oil	2.30	3.50	4.80	7.20	3.50	4.50	6.50
磷酸二氢钙 $Ca(H_2PO_4)_2$	0.95	0.94	0.91	0.88	0.90	0.85	0.74
石粉 Limestone	1.36	1.02	0.70		1.06	0.75	0.15
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.13	0.17	0.21	0.29	0.17	0.23	0.35
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12
预混料 Premix[1)]	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]							
代谢能 ME/(MJ/kg)	12.76	12.76	12.76	12.76	12.76	12.76	12.76
粗蛋白质 CP	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
粗纤维 CF	2.30	2.61	2.92	3.54	2.46	2.60	2.87
钙 Ca	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
有效磷 AP	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
赖氨酸 Lys	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
蛋氨酸 Met	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
苏氨酸 Thr	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68

蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.73	0.72	0.72	0.70	0.72	0.71	0.68

1)预混料为每千克饲粮提供 Premix provided following per kg of diets：植酸酶 phytate 200 mg，尼卡+马杜拉霉素 nicarbazin+madubamycin 600 mg，抗氧化剂 antioxidant 200 mg，抗敌素 colistin 300 mg，8%黄霉素 8% flavomycin 350 mg，AB 酶（配黄粉）enzyme AB (yellow powder) 400 mg，科福莱 Kefulai 500 mg，多种维生素 multi vitamins 250 mg，赖氨酸 lysine 2 g，蛋氨酸 methionine 1.7 g，多种矿物质 multi mineral 1.5 g，胆碱 choline 1.3 g，NaCl 2 g，$NaHCO_3$ 1.5 g，加丽红（配黄粉） Carophyll red (yellow powder) 400 mg，黄粉 yellow powder 6.8 g。

2)营养水平均为计算值。Nutrient levels were all calculated values.

1.3 测定指标及方法

生长性能：以重复为单位，在试验开始和结束时空腹称重，并统计全期采食量，计算平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

血清生化指标：试验结束时，每个重复分别选取接近平均体重的公、母鸡各 1 只，每组 8 只，翅静脉采血，3 000 r/min、4 ℃离心 15 min，分装血清，-20 ℃保存备用。血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(ALP)活性及总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、球蛋白(GLO)、葡萄糖(GLU)、尿素氮(UN)、尿酸(UA)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)含量的测定采用全自动生化分析仪，所用试剂盒均购于上海科华生物工程股份有限公司。

抗氧化指标：将各组用于采血的 8 只鸡，在采血后立即屠宰并取肝脏称重后分装，投入液氮中，再转移到-80 ℃冰箱中保存备用。血清、肝脏的总抗氧化能力(T-AOC)，丙二醛(MDA)含量，以及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性采用 Multiskan GO 全波长酶标仪(Thermo)测定，所用试剂盒均购于南京建成生物工程研究所，按照试剂盒说明书进行操作。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行方差分析，LSD 法进行多重比较，结果以平均值±标准误表示。P<0.01 为差异极显著，P<0.05 为差异显著。

2 结 果

2.1 饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡生长性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，饲粮中使用不同水平的 MLM 均极显著地降低了胡须鸡的平均日增重（P<0.01），且随 MLM 使用水平的增加，平均日增重逐渐降低；饲粮中使用 FMLM 对胡须鸡平均日增重的影响与使用 MLM 效果相似，但较 MLM 有所改善，10%、20% FMLM 组的平

均日增重与对照组差异极显著（*P*<0.01），且与 10%、20% MLM 组差异极显著（*P*<0.01），5% FMLM 组的平均日增重与对照组差异显著（*P*<0.05）。随饲粮中 MLM 使用水平的增加，胡须鸡的平均日采食量呈逐渐降低的趋势，且 20% MLM 组的平均日采食量较对照组显著下降（*P*<0.05）；饲粮中使用 FMLM 对胡须鸡平均日采食量的影响与对照组差异不显著（*P*>0.05）。饲粮中使用 MLM 和 FMLM 提高了胡须鸡的料重比，其中 10%、20% MLM 组的料重比极显著高于对照组（*P*<0.01），5% MLM 组和 20% FMLM 组显著高于对照组（*P*<0.05），且 10%、20% MLM 组的料重比极显著高于其他各组（*P*<0.01）。

表 2　饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡生长性能的影响

Table 2　Effects of dietary MLM and FMLM levels on growth performance of *Huxu* chickens

项目 Items	对照组	桑叶粉水平 MLM level/%			发酵桑叶粉水平 FMLM level/%		
	Control group	5	10	20	5	10	20
平均日增重 ADG/g	14.27 ± 0.77^{Aa}	11.73 ± 0.80^{Bb}	8.68 ± 0.42^{Cc}	7.73 ± 0.46^{Cc}	12.14 ± 0.49^{ABb}	11.95 ± 0.62^{Bb}	11.80 ± 0.34^{Bb}
平均日采食量 ADFI/g	88.63 ± 1.42^{a}	86.05 ± 1.97^{ab}	83.92 ± 3.26^{ab}	81.63 ± 1.56^{b}	88.67 ± 0.96^{a}	84.11 ± 2.32^{ab}	86.94 ± 1.34^{ab}
料重比 F/G	6.27 ± 0.36^{Bc}	7.40 ± 0.34^{Bb}	9.68 ± 0.27^{Aa}	10.69 ± 0.72^{Aa}	7.33 ± 0.25^{Bbc}	7.07 ± 0.23^{Bbc}	7.38 ± 0.12^{Bb}

同行数据肩标不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同字母或无字母表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.01), and with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05).The same as below.

2.2　饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡血清生化指标的影响

由表 3 可知，各试验组胡须鸡血清 ALT 活性与对照组无显著差异（*P*>0.05），其中 5% MLM 组血清 ALT 活性显著高于 20% MLM 组和 10% FMLM 组（*P*<0.05）；各组胡须鸡血清 AST 活性无显著差异（*P*>0.05）；各试验组胡须鸡血清 ALP 活性较对照组显著降低（*P*<0.05），其中，10% MLM 组血清 ALP 活性最低，较对照组降低了 58.6%。

各试验组胡须鸡血清 TP 和 GLO 含量均高于对照组，其中，10% MLM 组和 20% FMLM 组极显著提高了血清 TP 和 GLO 含量（*P*<0.01），10% FMLM 组显著提高了血清 GLO 含量（*P*<0.05）；

10% MLM 组血清 TP 含量与 20% MLM 组差异极显著（*P*<0.01），与 5% MLM 组、5% FMLM 组差异显著（*P*<0.05）；10% MLM 组血清 GLO 含量与 5%、20% MLM 组及 5% FMLM 组差异极显著（*P*<0.01），与 10% FMLM 组差异显著（*P*<0.05）；20% FMLM 组 GLO 含量与 20% MLM 组差异显著（*P*<0.05）。各试验组胡须鸡血清 ALB 含量与对照组无显著差异（*P*>0.05），其中以 20% FMLM 组血清 ALB 含量最高，较对照组提高了 11.2%；20% FMLM 组血清 ALB 含量与 20% MLM 组、5% FMLM 组差异显著（*P*<0.05）。5% MLM 组胡须鸡血清 A/G 显著低于对照组（*P*<0.05），其他各试验组血清 A/G 极显著低于对照组（*P*<0.01）；10% MLM 组血清 A/G 极显著低于其他各组（*P*<0.01）。

各试验组胡须鸡血清 GLU 含量与对照组无显著差异（*P*>0.05），以 10% FMLM 组血清 GLU 含量最高，10% MLM 组最低，二者差异显著（*P*<0.05）。各组胡须鸡血清 UN 和 UA 含量差异均不显著（*P*>0.05）。

与对照组相比，20% MLM 组胡须鸡血清 TC 含量显著降低（*P*<0.05）。5%、20% MLM 组胡须鸡血清 TG 含量显著低于对照组（*P*<0.05），5% FMLM 组血清 TG 含量显著高于其他试验组（*P*<0.05）；饲粮中使用 MLM 和 FMLM 有增加胡须鸡血清 HDL-C 含量的趋势，但各组间无显著差异（*P*>0.05）。

表 3　饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡血清生化指标的影响

Table 3　Effects of dietary MLM and FMLM levels on serum biochemical indexes of *Huxu* chickens

项目 Items	对照组 Control group	桑叶粉水平 MLM level/%			发酵桑叶粉水平 FMLM level/%		
		5	10	20	5	10	20
谷丙转氨酶 ALT/（U/L）	25.25±0.85^{ab}	28.00±1.73^{a}	25.25±1.49^{ab}	23.25±0.63^{b}	26.75±2.59^{ab}	22.75±0.25^{b}	25.50±1.85^{ab}
谷草转氨酶 AST/（U/L）	170.00±11.20	178.50±4.35	188.75±23.77	173.25±5.53	183.50±18.34	181.00±15.72	190.00±8.36
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	869.50±82.74^{Aa}	415.25±68.99^{Bc}	360.00±13.06^{Bc}	489.25±70.67^{Bbc}	653.00±103.09^{AB}	416.50±75.09^{Bc}	520.50±82.54^{Bbc}
总蛋白 TP/（g/L）	40.58±1.48^{Cc}	43.98±1.11^{ABCbc}	50.98±3.12^{Aa}	41.93±1.69^{BCc}	43.28±0.86^{ABCc}	44.90±1.36^{ABCabc}	49.78±3.40^{ABab}
白蛋白 ALB/（g/L）	16.48±0.38^{ab}	16.55±0.38^{ab}	16.90±1.08^{ab}	15.63±0.46^{b}	15.85±0.52^{b}	16.53±0.68^{ab}	18.33±1.35^{a}
球蛋白 GLO/（g/L）	24.10±1.12^{Cd}	27.43±0.84^{BCbcd}	34.08±2.05^{Aa}	26.30±1.28^{BCcd}	27.43±0.49^{BCbcd}	28.38±0.85^{ABCbc}	31.45±2.41^{ABab}
白球比 A/G	0.69±0.02^{Aa}	0.61±0.02^{ABb}	0.50±0.01^{Cc}	0.60±0.020^{Bb}	0.58±0.02^{Bb}	0.58±0.02^{Bb}	0.59±0.04^{Bb}
葡萄糖 GLU/（mmol/L）	13.89±0.36^{ab}	13.60±0.49^{ab}	12.67±0.15^{b}	13.54±0.24^{ab}	13.97±0.60^{ab}	14.64±0.79^{a}	13.62±0.58^{ab}
尿素氮 UN/（mmol/L）	0.33±0.03	0.27±0.02	0.33±0.04	0.27±0.02	0.33±0.04	0.34±0.04	0.30±0.03
尿酸 UA/（μmol/L）	172.00±45.50	163.50±13.00	161.75±11.91	178.25±32.75	177.25±26.70	176.00±14.01	160.75±4.01
总胆固醇 TC/（mmol/L）	3.73±0.13^{a}	3.22±0.30^{ab}	3.59±0.18^{ab}	3.06±0.20^{b}	3.26±0.25^{ab}	3.41±0.30^{ab}	3.32±0.13^{ab}
甘油三酯 TG/（mmol/L）	1.19±0.36^{ab}	0.46±0.01^{c}	0.52±0.17^{bc}	0.44±0.03^{c}	1.24±0.49^{a}	0.51±0.04^{bc}	0.51±0.05^{bc}
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C/（mmol/L）	2.74±0.63	3.34±0.22	3.10±0.14	3.12±0.15	2.72±0.46	3.23±0.10	3.26±0.35

2.3　饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡抗氧化指标的影响

2.3.1 饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡血清抗氧化指标的影响

由表 4 可知，饲粮中使用 MLM 和 FMLM 有增加胡须鸡血清 T-AOC 的趋势，其中 10% MLM 组血清 T-AOC 显著高于其他组（P<0.05）。与对照组相比，各试验组胡须鸡血清 GSH-Px 活性均增加，其中，20% FMLM 组血清 GSH-Px 活性最高，与对照组差异极显著（P<0.01），较对照组增加了 18.3%；20% FMLM 组血清 GSH-Px 活性显著高于 10%、20% MLM 组和 5%、10% FMLM 组（P<0.05）。10% MLM 组胡须鸡血清 CAT 活性较对照组极显著降低（P<0.01），其他 MLM 和 FMLM 水平组与对照组无显著差异（P>0.05）；10% MLM 组血清 CAT 活性极显著低于 5% MLM 组和 10% FMLM 组（P<0.01），显著低于 5%、20% FMLM 组（P<0.05）。5%、10%、20% MLM 组胡须鸡血清 SOD 活性分别较对照组分别提高了 11.0%、7.9%、9.1%；10% FMLM 组血清 SOD 活性较对照组提高了 3.6%，但各组间差异不显著（P>0.05）。各试验组胡须鸡血清 MDA 含量较对照组无显著差异（P>0.05）；5% FMLM 组血清 MDA 含量显著高于 10% FMLM 组（P<0.05）。

表 4 饲粮中 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡血清抗氧化指标

Table 4 Effects of dietary MLM and FMLM levels on serum antioxidant indexes of *Huxu* chickens

项目 Items	对照组 Control group	桑叶粉水平 MLM level/%			发酵桑叶粉水平 FMLM level/%		
		5	10	20	5	10	20
总抗氧化能力 T-AOC(U/mL)	7.23±0.93^{b}	8.39±0.80^{b}	14.93±1.20^{a}	10.85±1.54^{b}	10.48±2.33^{b}	7.19±1.32^{b}	9.23±0.66^{b}
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px(U/mL)	412.63±14.66^{Bb}	449.26±10.87^{ABab}	431.66±13.72^{ABb}	432.65±5.84^{ABb}	432.27±25.32^{ABb}	439.16±23.32^{ABb}	488.25±9.72^{Aa}
过氧化氢酶 CAT(U/mL)	6.62±0.34^{Aa}	6.84±0.67^{Aa}	3.80±0.44^{Bb}	5.30±0.57^{ABab}	5.43±0.85^{ABa}	6.64±0.49^{Aa}	5.89±0.24^{ABa}
超氧化物歧化酶 SOD(U/mL)	111.25±7.11	123.51±5.80	120.00±1.79	121.34±3.29	108.02±8.12	115.23±4.51	111.60±7.40
丙二醛 MDA/(nmol/mL)	7.98±0.05^{ab}	7.82±0.86^{ab}	7.47±0.75^{ab}	7.72±0.18^{ab}	8.89±0.65^{a}	7.01±0.66^{b}	8.34±0.32^{ab}

2.3.2 饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡肝脏抗氧化指标的影响

由表 5 可知，10% MLM 组胡须鸡肝脏 T-AOC 较对照组显著增加（P<0.05）；10% MLM 组肝脏 T-AOC 与 10%、20% FMLM 组、5% MLM 组差异显著（P<0.05）。与对照组相比，各试验组胡须鸡肝脏 CAT 活性均降低，其中 10% MLM 组肝脏 CAT 活性显著低于对照组（P<0.05）；10% MLM 组肝脏 CAT 活性与 5% MLM 组、10% FMLM 组差异显著（P<0.05）。各组胡须鸡肝脏 $GSH\text{-}P_x$、SOD 活性和 MDA 含量无显著差异（P>0.05）。

表 5 饲粮中 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡肝脏抗氧化指标

Table 5 Effects of dietary MLM and FMLM levels on antioxidant indexes in liver of *Huxu* chickens

项目 Items	对照组 Control group	桑叶粉水平 MLM level/%			发酵桑叶粉水平 FMLM level/%		
		5	10	20	5	10	20
总抗氧化能力 T-AOC(U/mg)	0.98±0.13[b]	0.84±0.16[b]	1.64±0.16[a]	1.30±0.21[ab]	1.17±0.21[ab]	0.88±0.17[b]	1.08±0.12[b]
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px(U/mg)	149.92±8.62	153.3±5.02	147.31±13.83	150.67±9.97	141.39±8.41	142.47±10.52	162.60±13.97
过氧化氢酶 CAT(U/mg)	23.82±2.21[a]	23.24±3.00[a]	12.76±2.18[b]	17.98±1.93[ab]	17.51±3.04[ab]	21.26±2.11[a]	19.19±1.29[ab]
超氧化物歧化酶 SOD(U/mg)	210.66±17.83	217.27±4.84	211.84±18.23	218.77±16.31	184.53±15.05	193.74±10.97	191.00±7.58
丙二醛 MDA/(nmol/mg)	1.95±0.17	1.80±0.18	1.70±0.14	1.82±0.18	1.92±0.13	1.58±0.22	1.84±0.13

3 讨 论

3.1 饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡生长性能的影响

有关饲粮中使用 MLM 对肉鸡生长性能的影响，各研究者结论不一。吴萍等[9]指出，在饲粮中使用 2%～6% MLM 能显著提高黄羽肉鸡的日增重、成活率等指标；Simol 等[10]研究表明，在肉鸡饲粮中使用 30%的 MLM 对采食量、生长性能和死亡率无不利影响；而范京辉等[6]研究表明，饲粮中使用 5%、10% MLM 均显著降低了肉鸡体重，且使用水平越高，对生长性能的影响越大，与本试验结果一致。相比于 MLM，饲粮中使用 FMLM 可改善对胡须鸡生长性能的影响。Has 等[7]在饲粮中使用 10%、20%的 MLM 和 10%、20%的瘤胃液 FMLM，随使用水平的增加，肉鸡末期体重越低，与本试验结果一致，但其 10%瘤胃液 FMLM 组肉鸡末期体重较 10% MLM 组有降低的趋势，与本试验中使用 10% FMLM 胡须鸡的平均日增重较使用 10% MLM 显著提高的结果不一致，这可能是因为 FMLM 是在本试验前期经过菌种筛选和发酵工艺优化后而生产的，其发酵 MLM 的效果及降解桑叶中抗营养因子的作用较直接采用瘤胃液发酵效果更好。

本试验中，饲粮使用 MLM 对胡须鸡生长性能的影响与桑叶中存在较高含量的粗纤维及单宁、植物凝集素等抗营养因子有关。由表 1 可知，随饲粮中 MLM 和 FMLM 水平的增加，饲粮粗纤维含量增加，而动物难以消化吸收过量的粗纤维，过量的粗纤维会降低营养物质的有效浓度和饲料消化率，增加饱腹感，降低采食量，从而对胡须鸡的生长性能造成影响。而 MLM 进行发酵处理后，微生物产生的酶系将桑叶中的纤维素、蛋白质等难以消化的大分子分解为容易吸收的小分子，并可能通过微生物的作用转变了单宁等抗营养因子，从而减少了其对动物生长性能的影响。姜丹等[11]研究酵母菌和木霉对豆粕中营养物质和抗营养因子的影响时指出，酵母菌降低胰蛋白酶抑制因子和植酸效果显著，木霉能显著降低豆粕中粗纤维含量。付敏[12]采用枯草芽孢杆菌、黑曲霉、白地霉混合固态发酵菜籽饼，结果也显示发酵后小肽和游离氨基酸含量提高 3 倍以上，总硫甙含量降低 93.4%，异硫氰酸酯全部降解。

3.2 饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡血清生化指标的影响

血清生化指标是衡量动物健康状况、氧化代谢、生理机能等的重要指标。正常情况下，ALT 和 AST 大量存在于肝细胞中，当肝细胞受损后即大量扩散于血清中，造成血清 ALT 和 AST 活性升高。血清 ALP 是一种在碱性条件下具有较高活性的酶，由肝细胞合成分泌，自

胆道排泄，其半衰期为 3 d，正常情况下血清 ALP 活性很低，当肝脏和胆囊发生病变时才大量释放到血液中，导致血清 ALP 活性升高[13]。本试验研究发现，饲粮中使用 MLM 和 FMLM 有增强胡须鸡肝功能的作用，这主要是由于桑叶中的黄酮类物质[14]及 γ-氨基丁酸[15]等活性成分具有改善肝功能的作用。

血清 TP 是血清中 ALB 和 GLO 之和。血清中 TP 和 ALB 含量可以反映机体营养状态及蛋白质的吸收和代谢情况，其含量增加，表明蛋白质的合成代谢加强[16]。GLO 是机体内参与免疫反应的蛋白质，其含量的高低是评价机体免疫水平特别是体液免疫水平的重要指标。本试验结果表明，各试验组 ALB 含量较对照组无显著差异，但 GLO 含量较对照组增加，导致各试验组血清 TP 含量较对照组提高，A/G 显著或极显著降低。GLO 含量增加，表明机体的抗体水平增加，即饲粮中使用 MLM 和 FMLM 能增强胡须鸡的免疫功能。20% FMLM 组 ALB 含量较对照组提高 11.2%，表明饲粮中使用高剂量的 FMLM 更易于蛋白质的沉积。

动物机体生命活动所需的能量大部分来源于 GLU，正常情况下 GLU 保持在一定的水平以保证机体能量的供给，GLU 过高、过低都会对机体产生一定的影响。本试验结果表明，各试验组血清 GLU 含量与对照组相比无显著差异，表明饲粮中使用 MLM 和 FMLM 对胡须鸡血糖水平影响不大，与 Zhou 等[17]用 8%的青贮桑叶饲喂育肥牛，其血清 GLU 含量无显著变化的结果一致；而 10% FMLM 组血清 GLU 含量较 10% MLM 组显著提高，这可能是由于经过发酵处理，饲粮中动物可消化吸收的糖类及其他营养成分增加，从而增加了血清 GLU 含量，而使用 20% FMLM 血糖水平没有进一步提高，可能又受到 FMLM 中其他成分及机体吸收代谢的影响。

UN 是蛋白质水解和氨基酸代谢的终产物，UA 主要由蛋白质和核酸降解生成。血清 UN 或 UA 含量降低，表明蛋白质分解速度减缓，氨基酸合成蛋白质的效率提高；血清 UN 和 UA 含量与饲粮蛋白质水平和氨基酸平衡呈负相关关系，是衡量饲粮蛋白质水平高低与氨基酸平衡与否的重要指标，故血清 UN 和 UA 含量可直接反应鸟类饲粮的营养状态和代谢水平[18]。本试验研究表明，10% MLM 组和 20% FMLM 组血清 UA 含量较对照组分别降低了 6.0%、6.5%，血清 TP、ALB 含量高于对照组，表明饲粮中使用 10% MLM 和 20% FMLM 在体内蛋白质的合成与沉积过程中有一定的促进作用。

血清胆固醇（cholesterol，CHO）、TC、HDL-C 是血脂的主要组成成分，其含量的高低反映机体脂类代谢状况。本试验研究表明，饲粮中使用 MLM 和 FMLM 能有效降低血清 TC、TG 含量，增加血清 HDL-C 含量，与 Park 等[19]、Panja[20]、Islam[21]等将 MLM 运用到肉鸡饲养上的研究结果一致。MLM 和 FMLM 对胡须鸡血脂的影响主要与桑叶中含有多种具有降脂功能的生物活性物质有关。除桑叶中的多糖、黄酮类物质具有降脂功能外，桑叶中含有的植物甾醇能竞争性抑制乳糜微粒中的 CHO，使其处于不被吸收的状态，从而降低血清 CHO 含量[15]，且桑叶中的豆甾醇、谷甾醇也能有效抑制肠道对 CHO 的吸收[22]；桑叶中的不饱和脂肪酸亚油酸能促进 CHO 及胆汁酸的排出，从而降低血清 CHO 含量[23]。另外，使用 MLM 和 FMLM 提高了饲粮粗纤维水平，这也是导致胡须鸡血脂水平降低的另一个原因。

3.3 饲粮 MLM 和 FMLM 水平对胡须鸡抗氧化指标的影响

动物机体在氧化代谢过程中不断产生自由基，具有强氧化性，机体对自由基的清除主要依赖于机体完整的抗氧化防御系统的预防性或阻断性控制，从而保护机体组织和细胞免受自由基的氧化损伤[24]。机体的抗氧化物质主要包括 T-AOC、GSH-Px、SOD、CAT、MDA[25]。

T-AOC 是衡量机体抗氧化系统功能状态的综合性指标，反应机体的总抗氧化能力。SOD 是机体清除自由基的首要物质，是超氧阴离子自由基（O^{2-}）的主要清除剂，催化 O^{2-}生成过氧化氢（H_2O_2），而 H_2O_2 又可通过 CAT 分解为 O_2 和 H_2O。MDA 是自由基作用于脂质后发生的过氧化反应的终产物，是脂质过氧化强度和膜系统损害程度的重要指标。GSH-Px 能特异性催化还原型谷胱甘肽对 H_2O_2 等氢过氧化物的还原反应，从而清除细胞内 H_2O_2 和脂质自由基，起到保护细胞膜结构和功能的作用。

本研究表明，饲粮中使用 MLM 和 FMLM 对机体抗氧化能力有一定的调节作用，10% MLM 组显著增加了血清、肝脏 T-AOC，显著降低了血清、肝脏 CAT 活性；20% FMLM 组极显著增加了血清 GSH-Px 活性。李伟玲[26]研究表明，饲粮中使用 MLM 能提高肉羊血清 T-AOC 和 SOD 活性，降低 MDA 含量，与本试验结果相似。Andallu 等[27]在链脲霉素诱导的糖尿病小鼠饮食中加入 25% MLM 饲喂 8 周，结果表明，小鼠红细胞中 GSH-Px、SOD 活性分别增加 151%、106%，CAT 活性显著下降，与本试验结果相似。

桑叶提高动物抗氧化能力归于桑叶中的多种生物活性物质，其主要通过 2 个方面来发挥抗氧化作用：一是可以提高动物机体内抗氧化酶的活性，二是桑叶中含有的多种生物活性物

质本身具有抗氧化作用。陈玲玲等[28]研究桑叶黄酮对糖尿病小鼠降血糖机制时发现，桑叶黄酮能提高肝脏 SOD 活性，并且降低肝脏 MDA 含量；李杰等[29]研究发现，桑叶总黄酮可以增加力竭性运动后的小鼠心脏 SOD 活性，降低 MDA 含量，从而减轻运动后大量产生的氧自由基对心肌细胞的损伤。大量体外抗氧化试验[30-33]表明，桑叶中的黄酮类、多糖物质本身就是天然的强抗氧化剂，能够清除超氧离子自由基、氧自由基、脂质过氧化物、H_2O_2 及酶类不能清除的羟自由基等。而经过发酵处理后，MLM 的抗氧化能力有一定程度的下降，可能是由于发酵过程中微生物的作用转变了桑叶中的部分抗氧化功能物质，如将桑叶多糖分解为小分子物质从而失去了抗氧化活性，且本研究前期对桑叶发酵工艺优化的结果也表明 MLM 经发酵后黄酮含量有所下降。

4 结 论

① 饲粮中使用 MLM 和 FMLM 均降低了胡须鸡的生长性能，且随使用水平的增加生长性能呈下降趋势，但 FMLM 对生长性能的影响较 MLM 有所改善。

② 饲粮中使用 MLM 极显著降低血清 ALP 活性，增加血清 TP、GLO 含量，显著增加 A/G，降低血清 TC、TG 含量，提高血清、肝脏抗氧化能力；饲粮中使用 FMLM 也有类似作用。

参考文献：

[1] 廖森泰,向仲怀.论蚕桑产业多元化[J].蚕业科学,2014,40(1):137–141.

[2] CHEONG S H,KIM K H,JEON B T,et al.Effect of mulberry silage supplementation during late fattening stage of Hanwoo (*Bos Taurus coreanae*) steer on antioxidative enzyme activity within the *longissimus* muscle[J].Animal Production Science,2012,52(4):240–247.

[3] 罗明华,丁任华,宁新蕾,等.桑叶养兔试验[J].江西畜牧兽医杂志,2004(3):22.

[4] 石艳华,杨晓东,马双马,等.桑叶粉替代玉米豆粕饲喂肉兔试验[J].黑龙江畜牧兽医,2007(7):72 –73.

[5] 吴东,钱坤,周芬,等.日粮中添加不同比例桑叶对淮南麻黄鸡生产性能的影响[J].家畜生态学报,2013,34(10):39–43.

[6] 范京辉,张永华,楼立峰,等.桑叶及其提取物对AA肉鸡生长、养分消化与胴体品质的影响[J].杭州农业与科技,2012(5):29–32.

[7] HAS H,YUNIANTO V D,SUKAMTO B.The effectivity of fermented mulberry leaves with rumen liquor as broiler feed on final body weight,dry matter and crude fiber digestibility,and metabolic energy[J].Journal of Animal Production,2013,15(3):173–179.

[8] 马恒甲,刘新轶,谢楠,等.桑叶粉在草鱼饲料中的应用初探[J].杭州农业与科技,2013(3):29–35.

[9] 吴萍,厉宝林,李龙,等.日粮中添加桑叶粉对黄羽肉鸡生长性能、屠宰性能和肉品质的影响[J].中国家禽,2007,29(7):13–15.

[10] SIMOL C F,TUEN A A,KHAN H H A,et al.Performance of chicken broilers fed with diets substituted with mulberry leaf powder[J].African Journal of Biotechnology,2012,11(94): 16106–16111.

[11] 姜丹,丁洪浩,张晶,等.发酵对豆粕中营养物质和抗营养因子的影响[J].中国兽医学报,2011,31(4):579–582.

[12] 付敏.菜籽饼混菌固态发酵工艺及发酵产品在生长猪上的营养价值评定[D].硕士学位论文.成都:四川农业大学,2013:24–25.

[13] 唐亮.饲粮中构树叶粉对生长肥育猪生产性能、胴体品质、血清生化指标及养分消化率的影响[D].硕士学位论文.南宁:广西大学,2008:29.

[14] 李有业,卜颖,耿凤琴.桑叶制品在日本的研究和利用(下)[J].蚕桑茶叶通讯,2000(1):33–35.

[15] 赵丽珺,齐凤兰,瞿晓华,等.桑叶的营养保健作用及综合利用[J].中国食物与营养,2004(2):22–25.

[16] 杨宏波,刘红,余同水,等.不同添加水平半胱胺对奶牛泌乳性能和血清生化指标的影响[J].中国农业大学学报,2015,20(5):201–208.

[17] ZHOU Z,ZHOU B,REN L,et al.Effect of ensiled mulberry leaves and sun-dried mulberry fruit pomace on finishing steer growth performance,blood biochemical parameters,and carcass characteristics[J].PLoS One,2014,9(1):e85406.

[18] COMA J,CARRION D,ZIMMERMAN D R.Use of plasma urea nitrogen as a rapid response criterion to determine the lysine requirement of pigs[J].Journal of Animal

Science,1995,73(2):472–481.
[19] PARK Ⅲ C,KIM Y J.Effects of dietary supplementation of mulberry leaves powder on chicken meat quality stored during cold storage[J].Korean Journal for Food Science of Animal Resources,2012,32(2):184–189.
[20] PANJA P.The effects of dietary mulberry leaves (*Morus alba L.*) on chicken performance,carcass,egg quality and cholesterol content of meat and egg[J].Walailak Journal of Science and Technology,2013,10(2):121–129.
[21] ISLAM M R,SIDDIQUI M N,KHATUN A,et al.Dietary effect of mulberry leaf (*Morus alba*) meal on growth performance and serum cholesterol level of broiler chickens[J].SAARC Journal of Agriculture,2014,12(2):79–89.
[22] 李勇,苗敬芝.桑叶的功能性成分及保健制品的开发[J].中国食物与营养,1999(3):25.
[23] 陈其秀,吴宁远,高建平,等.枸杞籽油脂的提取及其成分测定[J].中国油脂,2000,25(2):53–54.
[24] 霍振华,方热军,徐运杰,等.中草药替代抗生素对肉鸡抗氧化性能的影响[J].湖南饲料,2009(3):22–26.
[25] SZCZUBIAŁ M,KANKOFER M,WAWRON W,et al.The dynamics of changes in erythrocyte glutathione peroxidase activity and serum selenium content during the periparturient period in sows[J].Polish Journal of Veterinary Sciences,2004,7(1):21–26.
[26] 李伟玲.桑叶对肉羊生产性能、血液生化指标、免疫抗氧化功能和肉品质的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2012:7–18.
[27] ANDALLU B,VARADACHARYULU N C.Antioxidant role of mulberry (*Morus indica* L.cv.Anantha) leaves in streptozotocin-diabetic rats[J].Clinica Chimica Acta,2003,338(1/2):3–10.
[28] 陈玲玲,刘炜,陈建国,等.桑叶黄酮对糖尿病小鼠调节血糖的作用机制研究[J].中国临床药理学杂志,2010,26(11):835–838.
[29] 李杰,王福文,胡志力,等.桑叶总黄酮对力竭性运动诱发心肌损伤的保护作用[J].山东中医药大学学报,2007,31(5):432–433.

[30] KIM S Y,GAO J J,LEE W C,et al.Antioxidative flavonoids from the leaves of *Morus alba*[J].Archives of Pharmacal Research,1999,22(1):81–85.

[31] 邢东旭,廖森泰,邹宇晓,等.桑叶多糖的抗氧化作用研究[J].广东蚕业,2008,42(1):36–39.

[32] 马向前,胡颖.桑叶总黄酮抗运动疲劳作用及相关机制研究[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(11):216–219.

[33] 谢克英,鲁慧芳,杨会会,等.果桑叶多糖的抗氧化作用研究[J].农产品加工(学刊),2014(7):52–53,57.

Effects of Mulberry Leaf Meal and Fermented Mulberry Leaf Meal on Growth Performance, Serum Biochemical Indexes and Antioxidant Indexes of *Huxu* Chickens

HUANG Jing[1] KUANG Zheshi[1] LIAO Sentai[2*] ZHAO Xiangjie[1] PAN Mushui[1]

（1. *Sericulture and Agri-food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou* 510610,*China*; 2. *Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou* 510640, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of mulberry leaf meal (MLM) and fermented mulberry leaf meal (FMLM) in diets on growth performance, serum biochemical indexes and antioxidant indexes of *Huxu* chickens. Three hundred and ninety-two *LingNan* III *Huxu* chickens at ninety-five days old were assigned to 7 groups with 4 replicates per group and 14 birds per replicate (male and female in half) according weight and sex. Chickens in control group were fed basal diet and the others in 6 test groups were fed basal diet supplemented with 5%、10%、20% MLM and 5%、10%、20% FMLM, respectively. The pre-trial period lasted for 4 days, and the experimental period lasted for 28 days. The results showed as follows: 1) the growth performance of *Huxu* chickens was decreased with the increase of the amount of MLM in diets. Compared with control group, different levels of MLM and FMLM in diets significantly decreased the average daily gain (P<0.05 or P<0.01). The average daily feed intake in 20% MLM group was significantly lower than that in control group (P<0.05). The ratio of feed to gain in all MLM level groups and 20% FMLM group was significantly higher than that in control group

*Corresponding author, professor, E-mail: liaost@163.com (责任编辑 李慧英)

($P<0.05$ or $P<0.01$). 2) The activity of alkaline phosphatase (ALP) in serum of *Huxu* chickens in all test groups was significantly lower than that in control group ($P<0.05$), and the activity of serum ALP in 10% MLM group was the lowest. The contents of serum total protein (TP) and globulin (GLO) in all test groups were higher than that in control group, and the contents of TP and GLO in 10% MLM and 20% FMLM groups were extremely significantly increased ($P<0.01$). The ratio of albumin to globulin (A/G) in serum in all test groups were significantly lower than that in control group ($P<0.05$). Compared with control group, the contents of total cholesterol (TC) and triglyceride (TG) significantly decreased ($P<0.05$). 3) The total antioxidant capacity (T-AOC) in serum and liver of *Huxu* chickens in 10% MLM group was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). The activity of catalase (CAT) in serum and liver in 10% MLM group was significantly lower than that in control group ($P<0.05$). The activity of glutathione peroxidase (GSH-Px) in serum in 20% FMLM group was extremely significantly higher than that in control group ($P<0.01$). In conclusion, MLM in diets decrease the growth performance of *Huxu* chickens, and the effect of FMLM on growth performance was better than that of MLM. MLM and FMLM in diets can reduce serum lipids contents, enhance immunity and the antioxidant capacity. But the optimum application amount still needs further research.

Key words: *Huxu* chicken; mulberry leaf meal; fermented mulberry leaf meal; growth performance; serum biochemical indexes; antioxidant indexes